

Вплив ультразвукових коливань на морфологічний і білковий склад крові

М. Ф. Сиротіна

Лабораторія фізіології кровообігу Інституту фізіології
ім. О. О. Богомольця Академії наук УРСР, Київ

При вивченні впливу на організм ультразвукових коливань увагу дослідників уже давно привернули зміни крові.

Гемолітичну дію ультразвуку *in vitro* вперше помітили Доньйон і Біанкані (1927). Пізніше цей факт був підтверджений багатьма дослідниками.

В 1936 р. Гетцель встановив, що гемолітичний ефект залежить від концентрації еритроцитів; чим вона вища, тим слабший руйнівний вплив ультразвуку.

За даними Шенера (1948), руйнування ультразвуковими хвилями суспензії еритроцитів залежить від концентрації клітин і потужності ультразвукових коливань.

Леман (1949) зазначає, що гемолітичний вплив ультразвуку проявляється вже через кілька секунд після початку дії ультразвукових хвиль.

Бейдл (1950) на підставі своїх досліджень вважає, що лакову кров можна одержати після 25-хвилинного «озвучування».

Штульфаут, Вутге (1950) встановили, що вплив ультразвукових коливань на живі лейкоцити приводить до появи в еозинофілах грубої зернистості.

Леман, Бекер, Отто (1952) також спостерігали зміни структури еозинофілів при «озвучуванні» краплі крові.

Онанов (1957) зазначає, що обробка суцільної стабілізованої крові людини ультразвуковими коливаннями частотою 500 кгц при інтенсивності 6 вт/см² через 1,5 хв. спричиняє лейколіз, а пізніше й гемоліз формених елементів крові, причому, за його даними, найбільш стійкими проти ультразвуку були еритроцити, а найбільш лабільними — гранулоцити. Зміни периферичної крові під впливом ультразвукових коливань на живий організм вивчені недостатньо.

Доньйон і Біанкані (1932) не знаходили змін в периферичній крові при дії ультразвуку на організм.

Гаден (1952) після застосування у 15 пацієнтів терапевтичних доз ультразвуку не виявив у периферичній крові закономірних змін: в деяких випадках кількість лейкоцитів збільшилась, в інших випадках — зменшилась; іноді не вдавалося вловити зрушень в елементах гемограми. В кістковому мозку відзначалось деяке збільшення клітин еозинофільного ряду.

Ерітаві, Онанов, Георгадзе, Ахметелі (1955) на підставі своїх дослідів на двох собаках і п'яти кроликах прийшли до висновку, що дія ультразвуку на різні ділянки головного і спинного мозку собаки і кролика викликає не тільки періодичні зміни на місці застосування ультра-

звукових хвиль, а й цілком виразну реакцію периферичної крові.

В літературі є також дані про вплив ультразвукових коливань на білковий склад крові.

Хорікава (1936) спостерігав деякі зрушення вмісту білків крові після «озвучення» селезінки або печінки тварин. В опроміненій *in vitro* сироватці були виявлені ознаки денатурації білків (Прудом, Грабар, 1949). Хунцінгер, Зюльман, Віальє (1950), досліджуючи вплив ультразвуку на зсідання плазми, констатували збільшення часу зсідання, що на їх думку пояснюється дезактивацією протромбінової системи.

Штульфаут (1949) після застосування ультразвукових хвиль виявив у периферичній крові людини зменшення загальної кількості білків і зрушення у взаємовідношенні окремих білкових фракцій.

Дослідження, проведені нами, мали своїм завданням вивчити вплив ультразвуку на морфологічний і білковий склад периферичної крові після «озвучування» ділянки живота тварин (кроликів).

Зміна морфологічного складу крові кроликів під впливом

№ кролика	До дії ультразвукових хвиль								
	Гемоглобін, %	Еритроцити, млн.	Тромбоцити, тис.	Лейкоцити	Нейтрофіли	Базофіли	Еозинофіли	Моноцити	Лімфоцити
30	86	5,7		11600	3132	348	116	232	7772
31	81	5,10	214	6600	1452	264	0	264	4620
32	78	5,40		8200	2706	328	410	656	4100
24	80	5,49		9800	4998	392	98	1078	3234
34	84	5,71	348	8000	3320	240	240	400	2800
35	78	5,36		6400	1472	192	256	384	4096
33	73	5,02	190	3200	1120	128	0	320	1920
36	74	5,60	123	9200	4232	184	92	828	3864
37	74	5,61	456	8600	3268	344	344	258	4386
38	75	5,39	398	7800	2418	312	0	156	4914
46	76	5,54	327	8700	3393	348	87	261	4611
47	84	5,86	213	7200	2448	216	216	216	4104
48	73	4,80	294	5200	936	104	156	260	3796
49	87	6,0	240	8300	1992	83	83	249	5893
50	80	5,20	399	6100	2135	183	61	122	3599
51	75	5,0	420	8900	2563	178	178	267	5874

Контрольні

№ кролика	Перше дослідження								
	Гемоглобін, %	Еритроцити, млн.	Тромбоцити, тис.	Лейкоцити	Нейтрофіли	Базофіли	Еозинофіли	Моноцити	Лімфоцити
39	78	5,84	306	10200	3570	306	0	510	5814
45	77	5,53	302	9400	1410	282	588	752	4592
29	85	5,80	401	9600	2016	672	288	480	6144
40	79	5,41	208	5800	1856	174	116	230	3422

При цьому був використаний УЗ-1, виготовлений в експериментальній лабораторії ім. О. О. Богомольця в межах до 100 Вт, р.

Дослідження білкового складу сироватки, який в нашому Інституті біології ім. О. О. Богомольця, М. В. Зеленським в його

і його застосування в біології. Користуючись цією методикою, кількість білка сироватки, коефіцієнт, вміст гемоглобіну, загальну кількість лейкоцитів, еозинофілів, моноцитів, лімфоцитів.

Проведено чотири серії досліджень. У кожній серії дослідів дозвіл з метою встановлення вихідних даних наведені в табл. 1 графі.

В кожній серії дослідів

ультра звукових хвиль ін

Гемоглобін, %	Еритроцити, млн.	Тромбоцити, тис.
80	5,53	
80	4,88	528
72	4,83	
75	5,07	
74	4,50	756
79	5,80	
72	4,90	583
76	5,20	509
75	4,70	387
76	4,03	189
73	5,0	580
81	5,20	280
70	4,20	290
86	5,70	310
81	5,40	520
71	4,40	442

дослідження

Гемоглобін, %	Еритроцити, млн.	Тромбоцити, тис.
76	5,60	310
90	5,92	343
84	5,60	387
80	5,30	226

ичної крові.
коливань на

білків крові
еній in vitro
ом, Грабар,
плив ультра-
всідання, що
истеми.

х хвиль ви-
ількості біл-
кцій.

ям вивчити
ериферичної
ликів).

При цьому був використаний ультразвуковий апарат для біологічних дослідів УЗ-1, виготовлений в експериментально-конструкторських майстернях Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця АН УРСР. Акустична потужність апарата плавно регулюється в межах до 100 вт, робоча площа головки — 14 см², частота коливань — 800 кГц.

Дослідження білкового складу крові провадилося методом дифузного висолювання, який в нашому Інституті розробив М. В. Зеленський (методика детально викладена М. В. Зеленським в його книзі «Дифузне висолювання як метод дослідження білків і його застосування в біології та медицині», Вид-во АН УРСР, 1959).

Користуючись цією методикою, ми визначали у досліджуваних тварин загальну кількість білка сироватки, кількість альбумінів, глобулінів, альбуміно-глобуліновий коефіцієнт; вміст гемоглобіну, кількість еритроцитів (в 1 мм³), тромбоцитів (в 1 мм³), загальну кількість лейкоцитів (в 1 мм³), а також абсолютні числа нейтрофілів, базофілів, еозинофілів, моноцитів, лімфоцитів.

Проведено чотири серії дослідів на 20 тваринах (16 піддослідних, 4 контрольних). У кожній серії дослідів до застосування апарата УЗ-1 кролики були тричі досліджені з метою встановлення вихідних даних морфологічного і білкового складу крові (дані, наведені в табл. 1 графі «До дії ультразвукових хвиль», є середнім з трьох досліджень).

В кожній серії дослідів були використані 4 піддослідних кролики і 1 контрольний.

Таблиця 1

ультразвукових хвиль інтенсивністю 0,5 вт/см²

		Після дії ультразвукових хвиль								
Моноцити	Лімфоцити	Гемоглобін %	Еритроци- ти, млн.	Тромбоци- ти, тис.	Лейкоцити %	Нейтрофіли %	Базофіли %	Еозинофіли %	Моноцити %	Лімфоцити %
232	7772	80	5,53		8200	2132	82	82	246	5658
264	4620	80	4,88	528	15800	2844	158	1106	948	10744
656	4100	72	4,83		13200	8976	0	132	1980	2112
078	3234	75	5,07		6600	528	330	0	726	5016
400	2800	74	4,50	756	8000	3760	320	320	80	3520
384	4096	79	5,80		11000	3740	440	220	880	5720
320	1920	72	4,90	583	8600	1720	172	172	516	6020
828	3864	76	5,20	509	7500	2100	300	225	375	4500
258	4386	75	4,70	387	6300	2772	189	252	693	2394
156	4914	76	4,03	189	6200	809	248	62	496	4588
261	4611	73	5,0	580	5600	1680	264	112	168	3416
216	4104	81	5,20	280	5800	1088	174	232	348	2958
260	3796	70	4,20	290	4600	782	46	92	230	3450
249	5893	86	5,70	310	8000	1760	160	80	400	5600
122	3599	81	5,40	520	9700	4268	291	194	388	4559
267	5874	71	4,40	442	6100	1220	122	122	305	4331

Контрольні

дослідження

Таблиця 1а

		Друге дослідження								
Моноцити	Лімфоцити	Гемоглобін, %	Еритроци- ти, млн.	Тромбоци- ти, тис.	Лейкоцити	Нейтрофіли	Базофіли	Еозинофіли	Моноцити	Лімфоцити
10	5814	76	5,60	310	11200	4144	896	330	560	5264
52	4592	90	5,92	343	11200	5600	224	112	336	4928
80	6144	84	5,60	387	9200	1748	460	368	552	6072
30	3422	80	5,30	226	6000	1740	180	120	360	3600

Піддослідних тварин протягом 10 днів щодня піддавали впливу ультразвукових коливань інтенсивністю $0,5 \text{ вт/см}^2$ протягом 10 хв., при цьому провадили опромінювання живота в ділянці печінки.

В період опромінювання, а також протягом тривалого часу після нього (до одного року) ми не спостерігали загибелі тварин від дії ультразвукових хвиль у зазначеній дозі. Назавтра після останнього сеансу брали кров для гематологічного дослідження і для визначення білків. Контрольних тварин не піддавали дії ультразвуку. Кров у контрольних кроликів досліджували в ті самі строки, що й у піддослідних.

Як видно з табл. 1, кількість гемоглобіну в половині досліджень зменшилась (на 3—10%) і в решті випадків залишалась без змін. У більшості дослідів спостерігається тенденція до нечітко вираженого зменшення кількості еритроцитів (на 400—600 тис.); у восьми випадках було виявлене значне збільшення кількості тромбоцитів (на 314 тис.; 408 тис.; 393 тис.; 386 тис.; 253 тис.; 67 тис.; 70 тис.; 121 тис.). Загальна кількість лейкоцитів знизилась у восьми дослідях (на 3400, 3200, 1700, 2300, 1600, 3100, 1400, 2800 клітин; в п'яти дослідженнях вона, навпаки, значно підвищилась (на 9200, 5000, 4600, 5400, 3600 клітин). Слід зазначити, що в тих випадках, коли ми виявили чітко виражене збільшення кількості лейкоцитів, ми не спостерігали появи молодих клітин нейтрофільного ряду; це свідчить про те, що це збільшення в основному відбувалося внаслідок перерозподільних реакцій в гемопоетичній системі. Певної спрямованості змін абсолютної кількості нейтрофілів, базофілів, еозинофілів, моноцитів і лімфоцитів у проведених дослідженнях нам не вдалося встановити.

При дослідженні, проведеному через 10 днів, в усіх контрольних дослідях (табл. 1а) кількість еритроцитів, тромбоцитів мало змінювалась, вміст гемоглобіну збільшився в одному досліді, в трьох дослідях залишився без змін, кількість лейкоцитів збільшилась у двох дослідях (на 1000, 1800 клітин).

В білковому складі крові (табл. 2) спостерігалось деяке збільшення загальної кількості білка сироватки у 10 з 15 підданих дії ультразвуку тварин (на 0,3; 0,5; 0,2; 0,2; 0,6; 0,4; 0,2; 0,2; 0,3; 0,5). При цьому кількість альбумінів у чотирьох випадках збільшилась (на 0,3; 0,56; 0,35; 0,1), в трьох випадках зменшилась (на 0,2; 0,5; 0,1), а в решті випадків — залишилась без змін. Вміст глобулінів сироватки підвищився в 11 дослідженнях (на 0,1; 0,2; 0,4; 0,1; 0,7; 0,1; 0,2; 0,2; 0,2; 0,2; 0,4), у чотирьох тварин в кількості глобулінів не було помітних змін; альбуміно-глобуліновий коефіцієнт знизився у 9 дослідженнях і тільки в двох дещо підвищився.

В контрольних дослідях коливання вмісту білкових компонентів крові протягом 10 днів були незначними (табл. 2а).

На підставі проведеної роботи можна вважати, що у тварин (кроликів) після десятиразового впливу ультразвукових хвиль протягом 10 днів в дозі $0,5 \text{ вт/см}^2$ при тривалості кожного сеансу в 10 хв. настають деякі зрушення в морфологічному та білковому складі крові:

1) спостерігається тенденція до зниження кількості еритроцитів у периферичній крові тварин, підданих дії ультразвуку; в половині випадків — зниження вмісту гемоглобіну, збільшення кількості тромбоцитів, значні коливання кількості лейкоцитів;

2) виявлено незначне збільшення вмісту загального білка сироватки крові тварин; найчастіше це збільшення є наслідком наростання кількості глобулінів сироватки, в зв'язку з чим трохи знижується альбуміно-глобуліновий коефіцієнт.

Зміна білкового складу

№ кролика	До дії ультра	
	Загальний білок	Альбуміни
30	5,8	3,2
31	4,5	2,6
32	4,1	2,02
24	4,7	2,6
34	5,2	2,9
35	4,9	2,5
33	5,2	2,8
36	5,3	3,0
37	4,6	2,25
38	5,0	3,0
46	5,1	2,8
47	4,6	2,6
48	4,2	2,4
49	4,8	2,9
50	4,1	2,1
51	5,3	2,9

№ кролика	До дії ультра	
	Загальний білок	Альбуміни
39	5,15	3,05
45	4,2	2,2
29	5,2	2,8
40	5,6	2,9

Beidl W., Wien. klin. Wochenschr. 1957.
 Dovnon, Bianca
 Gaden E., Strahlentherapie
 Getzel D., Ref. Ber.
 Horikawa M., J. Biol. Chem.
 Lehman J., Strahlentherapie
 Lehman J., Beck
 Prudhome R. O.,
 Stuhlfauth K., W.
 Stuhlfauth K., M.
 Schoenaers F., C.
 Эритава К., О на
 след. работ Института пер
 Онанов А. И., Ма
 1957.

Таблиця 2

Зміна білкового складу крові кроликів під впливом ультразвукових хвиль інтенсивністю 0,5 вт/см²

№ кролика	До дії ультразвукових хвиль				Після дії ультразвукових хвиль			
	Загальний білок	Альбуміни	Глобуліни	Альбуміно-глобуліновий коефіцієнт	Загальний білок	Альбуміни	Глобуліни	Альбуміно-глобуліновий коефіцієнт
30	5,8	3,2	2,6	1,2	5,7	3,0	2,7	1,1
31	4,5	2,6	1,9	1,3	4,8	2,9	1,8	1,5
32	4,1	2,02	2,08	1,003	4,6	2,58	2,02	1,2
24	4,7	2,6	2,1	1,2	4,9	2,6	2,3	1,1
34	5,2	2,9	2,3	1,2	5,1	2,4	2,7	0,88
35	4,9	2,5	2,4	1,05	5,1	2,6	2,5	1,05
33	5,2	2,8	2,4	1,16	5,8	2,7	3,1	0,8
36	5,3	3,0	2,3	1,3	5,3	2,9	2,4	1,2
37	4,6	2,25	2,35	0,9	5,0	2,6	2,4	1,08
38	5,0	3,0	2,0	1,5	5,1	2,9	2,2	1,35
46	5,1	2,8	2,3	1,2	5,0	2,8	2,2	1,27
47	4,6	2,6	2,0	1,3	4,6	2,65	1,95	1,3
48	4,2	2,4	1,8	1,36	4,4	2,4	2,0	1,2
49	4,8	2,9	1,9	1,5	5,0	2,9	2,1	1,3
50	4,1	2,1	2,0	1,05	4,4	2,2	2,2	1,0
51	5,3	2,9	2,5	1,1	5,8	2,9	2,9	1,0

Таблиця 2а

Контрольні дослідження

№ кролика	До дії ультразвукових хвиль				Після дії ультразвукових хвиль			
	Загальний білок	Альбуміни	Глобуліни	Альбуміно-глобуліновий коефіцієнт	Загальний білок	Альбуміни	Глобуліни	Альбуміно-глобуліновий коефіцієнт
39	5,15	3,05	2,1	1,45	5,3	3,15	2,1	1,5
45	4,2	2,2	2,0	1,1	4,3	2,2	2,1	1,05
29	5,2	2,8	2,3	1,2	5,1	2,7	2,2	1,2
40	5,6	2,9	2,7	1,07	5,6	2,8	2,8	1,0

ЛІТЕРАТУРА

- Beidl W., Wien. klin. Wochschr., 62, 46, 1950, S. 859.
 Downon, Biancani, C. R. Soc. biol., III, 1932, p. 754.
 Gaden E., Strahlentherapie, 87, 4, 1952, S. 585.
 Getzel D., Ref. Ber. ges. Physiol., 1937, 100, S. 218.
 Horikawa M., Journ. Exp. Med., 28, 357, 1936.
 Lehman J., Strahlentherapie, 79, 1949, S. 533.
 Lehman J., Becker G., Otto J., Strahlentherapie, 87, 4, 1952, S. 550.
 Prudhome R. O., Grabar P. A., Ann. de l'Inst. Pasteur, 76, 1949, p. 460.
 Stuhlfauth K., Wuttge K., Klin. Wochschr., 27, 1949, S. 662, 27.
 Stuhlfauth K., Münch. med. Wochschr., 92, 1950, S. 115.
 Schoenaers F., C. R. Soc. Biol., 15/16, 1948, S. 142.
 Эритава К., Онанов А., Георгадзе Г., Ахметели А., Сб. научно-исслед. работ Института переливания крови им. Мухадзе, т. IV, 1955, с. 229.
 Онанов А. И., Материалы о влиянии ультразвуковых волн на ткани животных, 1957.

Надійшла до редакції
12.XI 1959 р.

Влияние ультразвуковых колебаний на морфологический и белковый состав крови

М. Ф. Сиротина

Лаборатория физиологии кровообращения Института физиологии
им. А. А. Богомольца Академии наук УССР, Киев

Резюме

Наши исследования посвящены изучению действия ультразвука на морфологический и белковый состав периферической крови. Исследование белкового состава крови проводилось методом диффузного высаливания, разработанного Н. В. Зеленским.

Пользуясь этим методом, мы определяли у обследуемых животных — кроликов общее количество белка сыворотки, количество альбуминов, глобулинов, альбумино-глобулиновый коэффициент.

Исследуя морфологический состав периферической крови, мы определяли содержание гемоглобина, количество эритроцитов, тромбоцитов, общее количество лейкоцитов, а также абсолютные числа нейтрофилов, базофилов, эозинофилов, моноцитов, лимфоцитов.

На основании проведенной работы можно считать, что у животных после 10-кратного ультразвукового облучения живота с преимущественной локализацией на область печени в течение 10 дней в дозе 0,5 Вт на 1 см² на протяжении 10 минут наступают некоторые сдвиги в морфологическом и белковом составе крови. Наблюдается тенденция к снижению количества эритроцитов в периферической крови озвученных животных, в половине случаев уменьшение процента гемоглобина, увеличение количества тромбоцитов, лабильность количества лейкоцитов. У животных, подвергнутых действию ультразвуковых волн, отмечено небольшое увеличение общего количества белка сыворотки крови. Это увеличение чаще является результатом повышения содержания глобулинов сыворотки. Вследствие этого во многих исследованиях отмечается некоторое снижение альбумино-глобулинового коэффициента.

Effect of Ultrasonic Vibration on the Morphological and Protein Composition of the Blood

M. F. Sirotina

Laboratory of Circulatory Physiology of the A. A. Bogomoletz
Institute of Physiology of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

Summary

The author studied the effect of ultrasound on the morphological and protein composition of the blood.

On the basis of this study it may be concluded that rabbits subjected to a tenfold sonification of the abdomen, localized primarily in the region of the liver, employing doses of 0.5 watt per sq cm for ten minutes show certain alterations in the morphological and protein composition of the blood: a tendency is noted towards reduction of the quantity of erythrocytes, a decrease in the hemoglobin percentage in half the cases, an increase in the quantity of thrombocytes, lability in the leucocyte count, a slight increase in the total protein of the serum.

Основна речовина

Інститут фізіології

Висока диференціальна матеріальною основою організму є організм, який забезпечує функції організму. Таким чином, організм є складним організмом, який складається з різних функцій, які регулюються системою організму. Це є неклітинна система, яка складається з клітин, які зв'язані між собою.

Основна речовина в основному складається з клітин, які є основою всієї організації. Це є причиною того, що в складі організму є багато різних функцій, які регулюються системою організму. Це є причиною того, що в складі організму є багато різних функцій, які регулюються системою організму.

В основній речовині не можна вважати поодинокими тні системи, гормони, хімічний стан, роблять.

Тепер на сполучення вляться як на «найбільш зміни, найбільш легкі».

Розробка проблем шляхами. Розробляють човини, її структури структури основної речовини, гістохімічних змін, біологічних і патологічних структур пов'язаних з білковими сполуками, позначаються в усіх органах, ходять в усіх органах.